

# Penerapan Dynamic Programming dalam Menentukan Rute Penerbangan Internasional dari Indonesia

Ramasha Shella Gustia (13508046)

Program Studi Teknik Informatika

Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganेशha 10, Bandung 40132, Indonesia

[if18046@students.if.itb.ac.id](mailto:if18046@students.if.itb.ac.id)

## ABSTRAK

Transportasi saat ini menjadi kebutuhan vital bagi kehidupan manusia. Pesawat terbang merupakan salah satu sarana transportasi yang penting di Indonesia. Sudah banyak berdiri perusahaan maskapai pesawat terbang yang melayani berbagai rute domestik dan internasional. Namun, hal ini masih saja memberikan keterbatasan pilihan rute karena untuk pergi ke daerah tujuan tertentu (khususnya untuk penerbangan internasional) masyarakat tidak dapat pergi dengan penerbangan dari Indonesia yang langsung mendarat di kota tersebut. Masyarakat terkadang harus mencari lagi rute perjalanan ke kota lain yang menuju ke tempat yang mereka tuju sesungguhnya. Hal ini sering kali merepotkan dan membingungkan. Namun, dengan menggunakan *dynamic programming*, persoalan ini akan terpecahkan. Masyarakat tidak perlu bingung untuk mendapatkan rute dengan tarif penerbangan yang murah.

**Kata kunci :** rute penerbangan internasional, tarif pesawat murah, *dynamic programming* untuk penentuan rute

## I. PENDAHULUAN

Transportasi merupakan kebutuhan penting bagi kehidupan manusia saat ini. Kemajuan teknologi yang pesat menuntut masyarakat untuk menjadi semakin *mobile*. Tidak hanya untuk bersosialisasi dengan sesama, tetapi juga untuk keperluan pekerjaan ataupun berlibur sejenak melepas lelah.

Sarana transportasi yang ada pun semakin maju. Belum cukup puas dengan adanya motor, mobil, perahu, dan lokomotif, manusia kembali mencari cara untuk mempersingkat perjalanan untuk rute yang jauh. Akhirnya pada tahun 1903 muncullah pesawat bermesin yang pertama di dunia. Pesawat ini dibuat oleh Wright Bersaudara.<sup>1</sup> Sebuah penemuan yang mengubah sejarah dunia! Dengan adanya pesawat maka manusia dapat bepergian ke

tempat yang jauh dengan lebih cepat daripada menggunakan sarana transportasi darat maupun laut.

Adanya sarana transportasi pesawat, membuat berbagai perusahaan penyedia jasa layanan penerbangan mulai bermunculan. Berbagai maskapai penerbangan ini tidak hanya menawarkan banyak tujuan penerbangan, tetapi juga tarif pesawat yang variatif.

### Sejarah Penerbangan Sipil di Indonesia

Sejarah penerbangan sipil di Indonesia tidaklah berawal dari domestik Indonesia sendiri, tetapi justru di luar negeri. Indonesian Airways, maskapai penerbangan Indonesia pertama memulai penerbangan internasional pertama dengan pesawat DC-3 versi militer C-47 Dakota. Pesawat yang merupakan hadiah dari rakyat Aceh kepada pemerintah ini diberi nama “seulawah” yang berarti gunung emas. Oleh Angkatan Udara Republik Indonesia (AURI) pesawat ini diberi nomor registrasi RI-001.

Karena telah memiliki pesawat angkut RI-001 ini, AURI mulai membuka jalur penerbangan dari Yogyakarta (lapangan Maguwo yang sekarang menjadi Bandara Adi Sucipto) ke sejumlah negara sahabat seperti Filipina, Burma (sekarang Myanmar), India, Pakistan, Afghanistan, dan sejumlah negara Arab serta Australia.<sup>2</sup>

### Rute Penerbangan Internasional Indonesia

Saat ini, sudah banyak rute penerbangan internasional baik dari Indonesia maupun ke Indonesia. Negara tujuan yang sudah difasilitasi oleh maskapai penerbangan Indonesia antara lain Malaysia, Singapura, Filipina, Thailand, dan beberapa negara lain di Asia Tenggara. Selain itu sudah dibuka juga rute penerbangan ke beberapa negara di Asia dan Eropa seperti Jepang, Hongkong, Arab Saudi, Dubai, Belanda, dan Inggris. Beberapa

<sup>1</sup><http://www.hariansumutpos.com/2009/07/4400/pesawat-pertama-terbang-12-detik.html>, tanggal akses : 8 Desember 2010.

<sup>2</sup><http://www.forumbebas.com/thread-61654.html>, tanggal akses : 8 Desember 2010.

maskapai penerbangan juga menyediakan rute perjalanan ke beberapa kota di Australia.

Untuk negara-negara lain yang tidak difasilitasi oleh maskapai penerbangan nasional, dapat difasilitasi oleh maskapai penerbangan dari negara lain.

## II. DESKRIPSI PERMASALAHAN

Memang sudah banyak rute penerbangan yang difasilitasi baik oleh maskapai penerbangan nasional maupun maskapai penerbangan asing. Namun, rute penerbangan ini pun harus melalui transit di negara lain. Ambillah contoh penerbangan ke Rusia. Beberapa maskapai penerbangan yang ada di Indonesia tidak ada yang memiliki rute perjalanan Jakarta-Moscow dalam satu kali perjalanan. Dari beberapa maskapai yang menawarkan perjalanan ke Moscow, tidak ada yang tidak melakukan pindah pesawat di negara transit.

Hal ini tentu membuat calon penumpang kesulitan. Belum lagi jika mempertimbangkan harga tiket yang bervariasi tergantung dari rute yang diambil, sangat merepotkan.

Permasalahan inilah yang akan diangkat dan dibahas pada makalah ini. Pembahasan masalah ini akan menggunakan teknik *dynamic programming* dalam mencari solusinya. Sebelum melakukan pembahasan, ada baiknya dijelaskan dahulu apa itu *dynamic programming*.

## III. DASAR TEORI

### Definisi

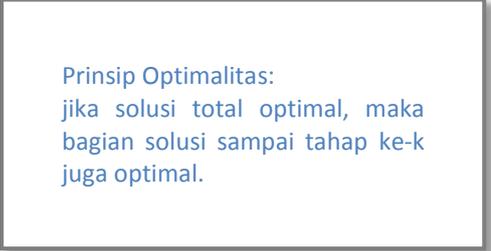
*Dynamic programming* merupakan metode pemecahan masalah dengan cara menguraikan solusi menjadi sekumpulan langkah (*step*) atau tahapan (*stage*).<sup>3</sup> Dari pengertian di atas diharapkan solusi akhir yang diperoleh dari metode ini merupakan kumpulan solusi tiap tahapan yang saling berkaitan.

Pada penyelesaian persoalan dengan metode ini:

1. Terdapat sejumlah berhingga pilihan yang mungkin,
2. Solusi pada setiap tahap dibangun dari hasil solusi tahap sebelumnya,
3. Kita menggunakan persyaratan optimasi dan kendala untuk membatasi sejumlah pilihan yang harus dipertimbangkan pada suatu tahap.

### Prinsip Optimalitas

Dalam *dynamic programming*, dikenal istilah Prinsip Optimalitas. Prinsip ini menjadi dasar pembuatan rangkaian keputusan yang akan dijadikan solusi permasalahan.



Prinsip Optimalitas:  
jika solusi total optimal, maka  
bagian solusi sampai tahap ke-k  
juga optimal.

Gambar 1. Prinsip Optimalitas

Prinsip optimalitas berarti bahwa jika kita bekerja dari tahap  $k$  ke tahap  $k + 1$ , kita dapat menggunakan hasil optimal dari tahap  $k$  tanpa harus kembali ke tahap awal. Dengan prinsip optimalitas ini dijamin bahwa pengambilan keputusan pada suatu tahap adalah keputusan yang benar untuk tahap-tahap selanjutnya.

Sekilas tampak tidak ada perbedaan antara *dynamic programming* dan algoritma *greedy*. Perbedaan metode ini dengan *greedy* ialah bahwa *greedy* hanya menghasilkan satu rangkaian keputusan. Dengan *dynamic programming*, maka akan diperoleh lebih dari satu rangkaian keputusan (solusi) yang tentu saja memenuhi prinsip optimalitas.

### Langkah Penyelesaian Masalah

Tahap penyelesaian masalah dengan *dynamic programming* ialah sebagai berikut :

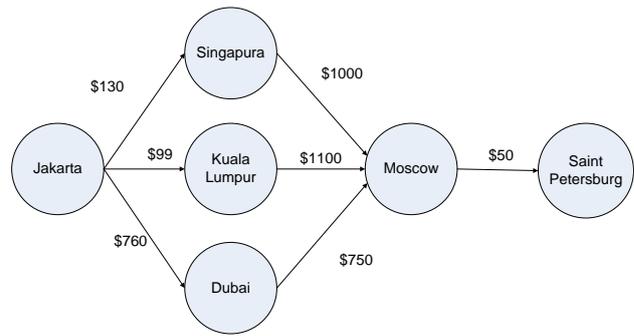
1. Persoalan dapat dibagi menjadi beberapa tahap (*stage*), yang pada setiap tahap hanya diambil satu keputusan.
2. Masing-masing tahap terdiri dari sejumlah status (*state*) yang berhubungan dengan tahap tersebut. Secara umum, status merupakan bermacam kemungkinan masukan yang ada pada tahap tersebut.
3. Hasil dari keputusan yang diambil pada setiap tahap ditransformasikan dari status yang bersangkutan ke status berikutnya pada tahap berikutnya.
4. Ongkos (*cost*) pada suatu tahap meningkat secara teratur (*steadily*) dengan bertambahnya jumlah tahapan.
5. Ongkos pada suatu tahap bergantung pada ongkos tahap-tahap yang sudah berjalan dan ongkos pada tahap tersebut.
6. Keputusan terbaik pada suatu tahap bersifat independen terhadap keputusan yang dilakukan pada tahap sebelumnya.

<sup>3</sup>Bahan kuliah IF2251 Strategi Algoritma, Program Dinamis, oleh Rinaldi Munir.

7. Adanya hubungan rekursif yang mengidentifikasi keputusan terbaik untuk setiap status pada tahap k memberikan keputusan terbaik untuk setiap status pada tahap k + 1.
8. Prinsip optimalitas berlaku pada persoalan tersebut.

Jenis Dynamic Programming

- *Forward dynamic programming*, program ini bergerak mencari solusi mulai dari tahap 1, 2, 3, dan seterusnya sampai tahap n. Runtunan peubah keputusan adalah  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ .
- *Bacward dynamic programming*, program ini bergerak mencari slusi mulai dari tahap n, n-1, n-2, dan seterusnya hingga tahap 1. Runtunan peubah keputusan adalah  $x_n, x_{n-1}, x_{n-2}, \dots, x_1$ .



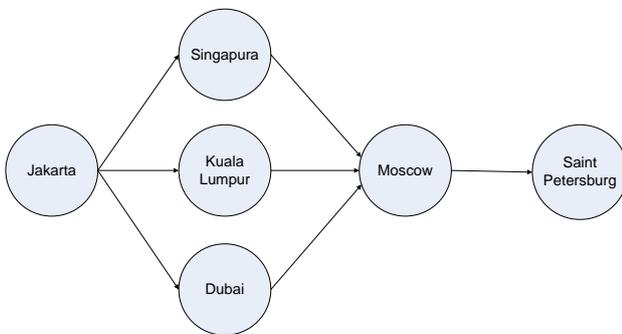
**Gambar 3.** Graf Berarah Rute Penerbangan Jakarta-Saint Petersburg dengan *cost*

Pada persoalan ini dapat dinyatakan :

1. Tahap (k) adalah proses memilih simpul tujuan berikutnya (ada 4 tahap).
2. Status (s) yang berhubungan dengan masing-masing tahap adalah simpul-simpul di dalam graf. Dalam hal ini setiap lingkaran kota merupakan statusnya.

**IV. PENYELESAIAN MASALAH**

Misalnya didefinisikan masalah seperti pada bab II di atas. Contoh masalahnya ialah penerbangan ke Rusia, tepatnya ke kota Saint Petersburg. Penerbangan yang ada ialah dari Jakarta-Singapura-Moscow-Saint Petersburg atau Jakarta-Dubai-Saint Petersburg. Jika dilakukan pemetaan dengan graf berarah ialah sebagai berikut :



**Gambar 2.** Graf Berarah Rute Penerbangan Jakarta-Saint Petersburg

Bagaimana cara memilih solusinya? Dengan mempertimbangkan harga tiket pesawat setiap penerbangan antar kota tersebut, kita dapat menemukan solusinya. Dengan menganalogikan harga tiket pesawat sebagai *cost* dalam graf tersebut, maka dapat diperoleh graf berarah yang lebih lengkap seperti gambar di bawah ini :

Forward dynamic programming

Relasi rekurens berikut menyatakan lintasan terpendek dari status s ke x4 pada tahap k:

$$f_4(s) = c_{sx4} \quad (\text{basis})$$

$$f_k(s) = \min_{x_k} \{c_{sxk} + f_{k+1}(x_k)\}, \quad (\text{rekurens})$$

$k = 1, 2, 3$

Keterangan:

- a.  $x_k$  : peubah keputusan pada tahap k ( $k = 1, 2, 3$ ).
- b.  $c_{sxk}$  : bobot (cost) sisi dari s ke  $x_k$
- c.  $f_k(s, x_k)$  : total bobot lintasan dari s ke  $x_k$
- d.  $f_k(s)$  : nilai minimum dari  $f_k(s, x_k)$

Tujuan program dinamis maju ialah mendapatkan  $f_n(s)$  dengan cara mencari  $f_1(s), f_2(s), f_3(s)$  terlebih dahulu.

Tahap 1 :

$$F_1(s) = c_{sx1}$$

s	$F_1(s) = c_{sx1}$			Solusi Optimum	
	Singapura	Dubai	Kuala Lumpur	$f_1(s)$	$x_1^*$
Jakarta	\$130	\$760	\$99	\$99	Kuala Lumpur

Tahap 2 :

$$F_2(s) = \min_{x_2} \{c_{sx_2} + f_1(x_2)\}$$

s	Solusi Optimum	
	$F_2(s) = c_{sx_2} + f_1(x_2)$	$x_2^*$
Moscow	\$1199	Moscow
Kuala Lumpur	\$1199	Moscow

Tahap 3 :

$$F_3(s) = \min_{x_3} \{c_{sx_3} + f_2(x_3)\}$$

s	Solusi Optimum	
	$f_3(s)$	$x_3^*$
Moscow	\$1249	Saint Petersburg

Solusi Optimum :

JAKARTA → KUALA LUMPUR → MOSCOW → SAINT PETERSBURG

Dari proses pencarian solusi dengan *backward dynamic programming* yang telah dijabarkan di atas, dapat dilihat bahwa dihasilkan solusi optimum untuk melakukan perjalanan dari Jakarta menuju Kuala Lumpur. Sesampainya di Kuala Lumpur harus transit dan transfer pesawat ke Moscow. Selanjutnya setelah sampai di Moscow harus pindah pesawat yang menuju ke Saint Petersburg.

Backward dynamic programming

<p>Relasi rekurens berikut menyatakan lintasan terpendek dari status s ke <math>x_k</math> pada tahap k:</p> $f_4(s) = c_{sx_4} \quad (\text{basis})$ $f_k(s) = \min_{x_k} \{c_{sx_k} + f_{k+1}(x_k)\}, \quad (\text{rekurens})$ $k = 1, 2, 3$ <p>Keterangan:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><math>x_k</math> : peubah keputusan pada tahap k (<math>k = 1, 2, 3</math>).</li> <li><math>c_{sx_k}</math> : bobot (cost) sisi dari s ke <math>x_k</math></li> <li><math>f_k(s, x_k)</math> : total bobot lintasan dari s ke <math>x_k</math></li> <li><math>f_k(s)</math> : nilai minimum dari <math>f_k(s, x_k)</math></li> </ol> <p>Tujuan program dinamis mundur ialah mendapatkan <math>f_1(1)</math> dengan cara mencari <math>f_4(s), f_3(s), f_2(s)</math> terlebih dahulu.</p>
---

Tahap 3 :

$$F_3(s) = c_{sx_3}$$

s	Solusi Optimum	
	$f_3(s)$	$x_3^*$
Moscow	\$50	Saint Petersburg

Tahap 2 :

$$F_2(s) = \min_{x_2} \{c_{sx_2} + f_3(x_2)\}$$

s	Solusi Optimum		
	$F_2(s) = c_{sx_2} + f_3(x_2)$	$f_2(s)$	$x_2^*$
Singapura	\$1050	\$1050	Moscow
Kuala Lumpur	\$1150	\$1150	Moscow
Dubai	\$800	\$800	Moscow

Tahap 1 :

$$F_1(s) = \min_{x_1} \{c_{sx_1} + f_2(x_1)\}$$

s	$F_1(s) = c_{sx_1} + f_2(x_1)$			Solusi Optimum	
	Singapura	Dubai	Kuala Lumpur	$f_1(s)$	$x_1^*$
Jakarta	\$1180	\$1560	\$1249	\$1180	Singapura

Solusi Optimum :

JAKARTA → SINGAPURA → MOSCOW → SAINT PETERSBURG

Dari proses pencarian solusi dengan *backward dynamic programming* yang telah dijabarkan di atas, dapat dilihat bahwa dihasilkan solusi optimum untuk melakukan perjalanan dari Jakarta menuju Singapura. Sesampainya di Singapura harus transit dan transfer pesawat ke Moscow. Selanjutnya setelah sampai di Moscow harus pindah pesawat yang menuju ke Saint Petersburg.

V. KESIMPULAN

Teknik pemecahan masalah pencarian rute penerbangan internasional dengan menggunakan *dynamic programming* ini cukup mudah diimplementasikan. Intinya ialah pemetaan rute penerbangan ke graf berarah yang memiliki *cost* (dalam hal ini tarif pesawat setiap penerbangan).

Pencarian solusi dengan *dynamic programming* maju ataupun mundur akan menghasilkan solusi yang tidak jauh berbeda.

## VI. SARAN

Solusi ini dapat dikembangkan untuk selanjutnya benar-benar diimplementasikan menjadi sebuah program pencarian rute yang mempermudah masyarakat dalam menentukan jalur penerbangan internasional yang akan dilalui. Namun, masih dibutuhkan studi dan analisis lebih lanjut karena pada kenyataannya dengan melalui rute yang sama, ada beberapa maskapai yang menawarkan harga yang berbeda. Penerapan program ini juga membutuhkan data lengkap dari semua maskapai penerbangan di seluruh dunia (khususnya yang berhubungan ke Indonesia).

## VII. DAFTAR ISTILAH

1. Maskapai : perusahaan yang menyediakan jasa transportasi pesawat terbang.
2. Rute : jalur.
3. AURI : Angkatan Udara Republik Indonesia.
4. Indonesian Airways : maskapai penerbangan pertama milik Indonesia.

## VIII. UCAPAN TERIMA KASIH

Melalui bagian ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Tuhan YME atas segala berkat yang diberikan akhirnya makalah ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada dosen IF3051 Strategi Algoritma Bapak Rinaldi Munir atas bimbingannya pada semester ini, kepada orangtua dan sahabat penulis yang telah banyak mendukung penulis dalam berbagai hal terutama dalam penulisan makalah ini.

## VII. DAFTAR REFERENSI

- [1] Bahan kuliah IF2251 Strategi Algoritma, Program Dinamis, oleh Rinaldi Munir.
- [2] <http://www.forumbebas.com/thread-61654.html>, tanggal akses : 8 Desember 2010.
- [3] <http://www.hariansumutpos.com/2009/07/4400/pesawat-pertama-terbang-12-detik.html>, tanggal akses : 8 Desember 2010.

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa makalah yang saya tulis ini adalah tulisan saya sendiri, bukan saduran, atau terjemahan dari makalah orang lain, dan bukan plagiasi.

Bandung, 9 Desember 2010



Ramasha Shella Gustia  
13508046